第19卷 第1期 昆 虫 学 报 Vol. 19, No. 1
1976年2月 ACTA ENTOMOLOGICA SINICA February, 1976

夜蛾趋光特性的研究:复眼反应与行为反应的相关现象

高 慰 曾
(中国科学院北京动物研究所)

夜蛾对于波长的反应有很明显的选择性。在我们已经测验过的波长范围内,棉铃虫[*Heliothis armigera* (Hübner)]和烟青虫(*Heliothis assulta* Guenée)对333毫微米的紫外线趋性最强(丁岩钦等,1974);而粘虫(*Leucania separata* Walker)对于375毫微米的紫外线趋性最强(未发表资料)。但这些结果只能说明诱蛾光谱是决定诱蛾数量的一个重要因素。至于为什么不同的单色光能产生不同的引诱作用?为什么在田间还有不少蛾子降落在诱蛾灯周围而并不扑灯?怎样才能排除这种现象来更好地发挥光学防治的作用等等,都是需要解决的问题。

过去,国内外曾流行着一种见解,认为紫外线的引诱性强是因为复眼对于紫外线特别敏感的缘故。但是近代的实验结果并不能证实这一点。例如:Mikkola (1972)对18种鳞翅目昆虫的研究说明复眼对黄绿光最敏感。在不同的诱蛾灯刺激下得到的网膜电流图与这些诱蛾灯的诱集效力互相矛盾,复眼对黑光灯的敏感程度仅及黄绿灯的20%。Agee (1973)对美国棉铃虫(*Heliothis zea*)和美国烟青虫(*Heliothis virescens*)的复眼进行过相对光谱敏感性的测量,得到类似的结果。因此,迄今为止,关于波长如何影响趋光性强弱的问题还没有确切的解释。

由于复眼受光时不仅视觉细胞发生变化,屏蔽色素细胞也在发生变化。为了进一步认识和解决上述一系列问题,有必要检查烟青虫和粘虫在受到不同波长紫外线照射后,复眼屏蔽色素的移动状况。通过这项工作一方面了解波长对屏蔽色素的影响,另一方面便于分析复眼反应与行为反应的相互关系。

实 验 方 法

材料处理 取羽化后第三或第四天的成虫,固定在软木上,置室内强光处曝光约20分钟,使复眼处于光适应状态,再放入暗室进行60分钟暗适应,然后分别用不同的紫外线在头部正前方照15分钟,每组处理5—7头。照射烟青虫是使用333、350、365、375、383毫微米五种波长,照射粘虫只使用了365和375毫微米两种波长。紫外线是用黑光灯通过干涉滤光片产生的;相对光强度与前次报告使用的相同。但因复眼是置于距光源21厘米的近处,所以绝对光强度与前次报告不同。此外,另取成虫若干头在1,000勒克司照度下,受光60分钟,固定一部分,其余经暗适应60分钟后不受光照,即剪头固定。

切片制作 被光照处理后的蛾子,在微弱红光下,迅速剪下头部放入 Suśa 液中固定,用正丁醇脱水,包埋后切成10微米厚的蜡片,用苏木精、伊红染色,最后用加拿大树胶封

片。

测量和计算 在光学显微镜 100 倍下对于光照处理后的复眼进行测量，取复眼中部呈现完整纵切的片子，每头每眼各取一片，每片在等距离处各取 5 个屏蔽色素细胞为样点,观察各样点色素移动后的状况,测量以下各指标:

全长：屏蔽色素细胞的长度,即角膜至网膜之间的距离。

远距：色素带(在切片中屏蔽色素的分布范围呈现为弯曲的带状)远心端至角膜之间的距离。

近距：色素带近心端至网膜之间的距离。

从所测得的数据，先以复眼为单位，求得远距占全长的百分率,再按处理组求得远距百分率平均数,将此平均数代入公式

$$T=(\bar{x}_1-\bar{x}_2)\times\sqrt{\frac{n_1n_2(n_1+n_2-2)}{(n_1+n_2)\Sigma x^2}} \quad \text{或} \quad T=\frac{\bar{x}_1-\bar{x}_2}{\Sigma\bar{x}_1-\bar{x}_2}$$

根据 Student-t 的分布来检查不同波长所引起变化的差异程度。

对粘虫复眼以小眼为单位，计数了色素带中发生明显移动的部分占整个色素带的百分率。

实 验 结 果

（一）烟青虫 屏蔽色素细胞位于晶锥和晶束周围，色素粒分布其中。经过 60 分钟暗适应的复眼,其色素带近心端的位置不定，因此，近距和色素带的大小在个体之间体现差异较大。当复眼突然受到紫外线照射 15 分钟后,上述两指标仍然呈现不规则现象。但复眼经过 60 分钟暗适应后,色素带远心端的位置比较一致,远距基本上等于晶锥(图版 I 图 1)。而突然受紫外线照射后色素带远心端处的色素颗粒,大部分迅速内移,晶锥近心端处残存的色素粒极少(图版 I 图 2)。这种现象是和暗眼经过较长时间光适应后，各部位色素粒作均匀分布的状况所完全不同的(图版 I 图 3)。

根据暗眼突然受光后屏蔽色素的这种移动特点,选用远距为指标,检查不同波长对复眼的作用，是比较合适的。现将各处理组远距百分率平均值以及它们之间差异情况的比较,列于表 1。

表 1 烟青虫屏蔽色素对紫外线的反应情况

处理组	照射波长(毫微米)	复眼数	远距平均值(%)	组 1 与各组间差异显著性测定
1	333	10	30.91	(t 值)
2	350	10	25.00	3.55*
3	365	10	19.40	6.61*
4	375	10	27.70	1.68
5	383	10	25.20	2.07

* 示差异显著者。

表 1 所列数字,说明了屏蔽色素远心端位置的改变随着照射波长的不同而各不相同。其中以 333 毫微米紫外线引起的远距变化最大。换句话说，也就是屏蔽色素远心端对于 333 毫微米紫外线的反应最为强烈。350 和 383 毫微米两种紫外线所引起远距的变化很

相似，但其变化的程度小于 333 毫微米。365 毫微米紫外线引起远距变化最小。

以上各波长对屏蔽色素远心端的作用大小，和该种成虫对各波长的相对趋光反应率很相似，从反应曲线(图 1)就不难看出，复眼反应与行为反应之间的这种相关现象。

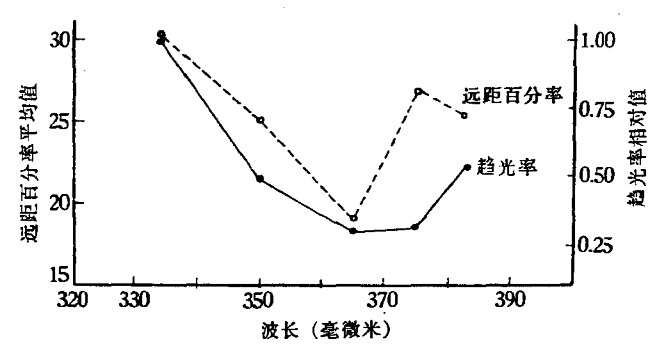


图 1　烟青虫复眼和行为对波长的相对反应

至于 375 毫微米紫外线的作用，为什么在两套实验结果中表现了不一致的情况，我们认为可能是实验虫数还不够多，也可能是由于引起这两种反应的决定因素不完全一样的缘故。因为成虫趋光性是比屏蔽色素移动更为复杂的一种反应，趋光性是由多方面的因素决定的。

（二）粘虫　粘虫经过 60 分钟暗适应后，屏蔽色素分布状况与烟青虫很相似，远距很小。而在受光后，也是远心端的变化较为突出。但有一点和烟青虫不相同，就是在同一复眼中，不同部位的屏蔽色素细胞的反应很不整齐，以致在同一切片的不同部位上，远距的变化不一致，有的部位上远距基本上仍保留着暗适应 60 分钟后的状况（图版 I 图 4)。我们称这部分为"未动部分"，即色素带远心端仍紧靠晶锥。因此，在同一切片中除了测量远距的大小外，并通过计数晶锥的办法，求算出色素带"移动部分"占整个色素带的百分率(表 2)。并将色带移动面的百分率划分成四个等级，把对两种不同紫外线发生反应的复眼数目，进行了分析比较(表 3)。

表 2　粘虫屏蔽色素对紫外线的反应情况

照射波长（毫微米）	复眼数	平均远距(%)		最大远距(%)		色带移动面(%)	
		平均值	t 值	平均值	t 值	平均值	t 值
365	10	22.5	0.81	31.7	2.03	60.3	0.33
375	14	22.9		32.7		67.6	

表 3　粘虫复眼对紫外线的反应率

色带移动部分百分率	复眼反应率		反应率比值 (375:365)
	365 毫微米	375 毫微米	
>40	90.00	78.57	0.87
>60	60.00	64.28	1.07
>80	20.00	57.14	2.86
>90	10.00	42.85	4.29

根据表 2、3 所列结果，在平均远距和最大远距方面，两种紫外线的作用差别是很小的。从色素带的移动面来看，两者的差别较大，即 375 毫微米的作用大于 365 毫微米，也就是说375毫微米能引起较大部分的色素带发生内移，特别是在移动面大于 90% 的这一等级中，可以看出 375 毫微米的作用是 365 毫微米的四倍多。但由于个体变异的幅度大，这种差别在统计学上还是

不够显著。我们在粘虫趋光行为测验中也遇到了相同情况，例如在五种不同波长的紫外线的比较中，成虫对于 375 毫微米的趋光性最强，而对 365 毫微米的趋光性最弱，但两者之间的差别在统计学上也是不显著的。所以粘虫复眼屏蔽色素对上述两种紫外线的反应状况，和趋光行为反应是一致的。

烟青虫暗眼被 365 毫微米和 375 毫微米照射后，整个色素带上并未保留不移动部分，这并不意味着这两种夜蛾的复眼特性有本质上的区别。很可能是由于实验所用的光强度，对于烟青虫所能产生的刺激作用大，而对粘虫所能产生的刺激作用较小，因而出现不同程度的反应。

结 语

复眼对光的反应，包含着很复杂的过程。就夜蛾来说，屏蔽色素的移动是其中的一个重要方面。根据实验结果，不但可以看出烟青虫和粘虫的复眼，在受到不同波长的紫外线刺激后，屏蔽色素的移动有一定差别，而且还可以看出这种差别与趋光行为测验中所获得的结果，基本上是吻合的。由于屏蔽色素的功能是调节射入眼内光量的，因此，可以说引起色素发生变化较大的波长，应是暗眼耐光能力较差的波长。甚至，可以推测，烟青虫和粘虫所以分别对 333 毫微米和 375 毫微米紫外线趋光性强，是和它们的暗眼对以上波长的耐光能力较差分不开的。至于为什么成虫要选择耐光能力较差的波长，以及所谓复眼对光刺激的耐光力和它对这种刺激的敏感性又是一个什么关系，尚需更深入的研究才能作出进一步的解释。

参 考 资 料

丁岩钦、高慰曾、李典谟 1974 夜蛾趋光特性的研究：棉铃虫和烟青虫对单色光的反应。昆虫学报 **17** (3): 307—17。

Agee, H. R. 1973 Spectral sensitivity of the compound eyes of field-collected adult bollworms and tobacco budworms. *Ann. Ent. Soc. Amer.* **66**(3): 613—5.

Mikkola, K. 1972 Behavioural and electrophysiological responses of night-flying insects, especially Lepidoptera, to near-ultraviolet and visible light. *Ann. Zool. Fenn.* **9**(4):225—54.

STUDIES ON THE PHOTOTACTIC BEHAVIOUR OF NOCTUID MOTHS: A SPECIAL INTERRELATIONSHIP BETWEEN THE RESPONSE OF COMPOUND EYES AND THE BEHAVIOUR

Kao Wei-tsing

(Peking Institute of Zoology, Academia Sinica)

The compound eyes of *Heliothis assulta* Guenée after one hour dark adaptation were illuminated with ultraviolet lights of different wave lengths. The average inward migrating distance of the distal end of the screening pigment was longest in the eyes illuminated by 333 nm and shortest in those illuminated by 365 nm. Under the same experimental condition, the inward migration of the distal end of the screening pigment occurred in more pigment cells in the eyes of *Leucania separata* Walker illuminated by 375 nm than in those illuminated by 365 nm. These results agree with the phototactic response of these insects. Probably the response bears an inverse relationship with the endurability of the dark adapted eye to the light stimulus.